

## A különböző $\text{SO}_4^{2-}/(\text{SO}_4^{2-}+\text{Cl}^-)$ arányú K-, Ca- és Mg-só adagok hatása az angolperje tápelem-összetételére

BALLÁNÉ KOVÁCS ANDREA és FILEP TIBOR

Debreceni Egyetem, Agrártudományi Centrum, Debrecen

### Bevezetés

Egyes növények érzékenyek a talaj nagy kloridion-tartalmára. Ennek mértéke azonban függ a növény sótűrő képességétől (ASHRAF & TUFAIL, 1995; ASHRAF & LEARY, 1997; WANG et al., 1998). A halofil növények jobban tolerálják a talaj magas  $\text{Cl}^-$ -tartalmát azáltal, hogy kevesebb kloridiont vesznek fel a talaj magas iontartalma ellenére is (DELL-AMICO et al., 1997; ROMERO et al., 1997). A kloridérzékeny fajtáknál a kloridion-tartalmú műtrágyák helyett részben vagy egészben  $\text{SO}_4^{2-}$ -ot tartalmazót használnak. Korábbi tenyészedény-kísérletekben azt tapasztalták, hogy a jelzőnövény termésére a nagy KCl-adagok kedvezőtlen hatásúak (LOCH, 1989).

A  $\text{SO}_4^{2-}$ -tartalmú műtrágyák, amellett, hogy a nagy mennyiségben jelen lévő  $\text{Cl}^-$  termés-csökkentő hatását tompítják, növelik a növény S-tartalmát, javítják minőségét. Alkalmazásuk esetén azonban figyelembe kell venni, hogy a talajba került  $\text{SO}_4^{2-}$  csapadékot, valamint ionpárt (Ca-, Mg-szulfátok) képezhet, s ezzel befolyásolhatja néhány kation felvételét.

Fontos tehát növényfajonként, talajonként megállapítani az optimális  $\text{SO}_4^{2-}/(\text{SO}_4^{2-}+\text{Cl}^-)$  arányt az optimális tápelemellátás érdekében. Jelen közleményünkben a különböző  $\text{SO}_4^{2-}/(\text{SO}_4^{2-}+\text{Cl}^-)$  arányú K-, Ca- és Mg-só adagok hatását vizsgáljuk a talajoldat  $\text{SO}_4^{2-}/(\text{SO}_4^{2-}+\text{Cl}^-)$  arányára és az angolperje jelzőnövény tápelemfelvételére az alábbi célkitűzésekkel:

- tanulmányozni a különböző  $\text{SO}_4^{2-}/(\text{SO}_4^{2-}+\text{Cl}^-)$  arányú K- Ca- és Mg-só adagok hatását a talajoldat  $\text{SO}_4^{2-}/(\text{SO}_4^{2-}+\text{Cl}^-)$  arányára a vetés előtt és a tenyészidő végén;

- értékelni a talajoldat  $\text{SO}_4^{2-}/(\text{SO}_4^{2-}+\text{Cl}^-)$  arányának hatását a növény S- ill. egyéb tápelemfelvételére,

- a jelen kísérlet körülményei között meghatározni az optimális  $\text{SO}_4^{2-}/(\text{SO}_4^{2-}+\text{Cl}^-)$  arányt.

### Anyag és módszer

A kísérletet savanyú homoktalajon ( $\text{pH}(\text{H}_2\text{O}) = 4,4$ ;  $\text{pH}(\text{KCl}) = 4,0$ ), kis tenyészedényekben állítottuk be angolperje jelzőnövénnel. Egy-egy edénybe 2,5 kg homoktalajt mértünk.

A K-, Ca- és Mg-kezelések mellett egységes N- és P-alapot (250–250 mg N és P) biztosítottunk edényenként,  $\text{NH}_4\text{H}_2\text{PO}_4$  és  $\text{NH}_4\text{NO}_3$  formájában, oldatban. A káliumot és a magnéziumot KCl és  $\text{K}_2\text{SO}_4$ , valamint  $\text{MgCl}_2$  és  $\text{MgSO}_4$  alakjában, vízben oldva adagoltuk. A kalciumot  $\text{CaCO}_3$  por formájában kevertük a talajhoz. A vízellátást a vízkapacitás 75 %-ára állítottuk be. Az edények öntözését naponta végeztük súlykiegészítés alapján. Az angolperjét háromszor vágtuk a tenyészidő folyamán. Az első és a második vágás után edényenként 100 mg nitrogént adtunk  $\text{NH}_4\text{NO}_3$  oldat formájában. A kezelés-kombinációt az 1. táblázat tartalmazza.

1. táblázat

A tenyészedény-kísérlet K-, Ca-, Mg- és  $\text{SO}_4^{2-}/(\text{SO}_4^{2-} + \text{Cl}^-)$  arány kezelése

(1) Kezelés	K	Ca	Mg	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> /(SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> +Cl <sup>-</sup> )
	mg/edény			%
1.	375	900	75	75
2.	125	900	75	75
3.	375	300	75	75
4.	125	300	75	75
5.	375	900	25	75
6.	125	900	25	75
7.	375	300	25	75
8.	125	300	25	75
9.	375	900	75	25
10.	125	900	75	25
11.	375	300	75	25
12.	125	300	75	25
13.	375	900	25	25
14.	125	900	25	25
15.	375	300	25	25
16.	125	300	25	25
17.	500	600	50	50
18.	0	600	50	50
19.	250	1200	50	50
20.	250	0	50	50
21.	250	600	100	50
22.	250	600	0	50
23.	250	600	50	100
24.	250	600	50	0
25.	250	600	50	50

A kísérlet elején (még vetés előtt) talaj-, a tenyésztő végén talaj- és növénymintát vettünk a kezelésekből. A növénymintákat ICP-AES módszerrel, a talajmintákat pedig ionkromatográfiás módszerrel elemeztük. Az ICP-AES meghatározáshoz a növényi mintákat  $\text{HNO}_3$ -tal, mikrohullámú roncsolóban roncsoltuk el. Az ionkromatográfiás mérésekhez vizes telítési talajkivonatot készítettünk oly módon, hogy adott tömegű talajmintához az Arany-féle kötöttségi számnak megfelelő mennyiségű vizet adtunk és az elegyet egy éjszakán át állni hagytuk. Másnap vákuumszűrőssel nyertük a vizes kivonatokat.

A kísérlet beállítása BOX és WILSON (1951) kísérlettervezési módszere alapján történt. A mérési adatok értékelését KAFAROV (1976) leírása nyomán, TOLNER és BICZÓK (LOCH et al., 1987) számítógépes programjaival végeztük. Az adatokat nem lineáris többtenyezős regresszió-analízissel dolgoztuk fel. Ennek segítségével a mért értékek (Y) és a kezelések közötti összefüggés az alábbi másodfokú egyenlet alapján számítható:

$$Y = b_0 + b_1(K) + b_2(\text{Ca}) + b_3(\text{Mg}) + b_4(\text{arány}) + b_{12}(K)(\text{Ca}) + b_{13}(K)(\text{Mg}) + b_{14}(K)(\text{arány}) + b_{23}(\text{Ca})(\text{Mg}) + b_{24}(\text{Ca})(\text{arány}) + b_{34}(\text{Mg})(\text{arány}) + b_{11}(K)^2 + b_{22}(\text{Ca})^2 + b_{33}(\text{Mg})^2 + b_{44}(\text{arány})^2,$$

ahol: Y = a mért érték; K = a káliumkezelés; Ca = a kalciumkezelés; Mg = a magnézium-kezelés; arány = szulfát/(szulfát+klorid)-kezelés;  $b_0$  = konstans;  $b_1, b_2, b_3, b_4$  = lineáris koeficiensek;  $b_{12}, b_{13}, b_{14}, b_{23}, b_{24}, b_{34}$  = interakciós koeficiens;  $b_{11}, b_{22}, b_{33}, b_{44}$  = négyzetes hatások koeficiense.

Az egyenlet lehetővé teszi az egyes tényezők lineáris és négyzetes hatásainak, illetve kölcsönhatásainak értékelését.

### Eredmények és értékelésük

#### *Az alkalmazott kezelések hatása a talajoldat szulfát/(szulfát+klorid) arányára*

Megvizsgáltuk a K-, Ca-, Mg- és  $\text{SO}_4^{2-}/(\text{SO}_4^{2-}+\text{Cl}^-)$  arány kezelések hatását a telítési vizes talajkivonatban mérhető  $\text{SO}_4^{2-}/(\text{SO}_4^{2-}+\text{Cl}^-)$  arányra a vetés előtt és a tenyésztő végén. A mért arányra leginkább a kezelésben alkalmazott  $\text{SO}_4^{2-}/(\text{SO}_4^{2-}+\text{Cl}^-)$  arány volt hatással mind a vetés előtt, mind pedig a tenyésztő végén (2. táblázat).

A tenyésztő végén tapasztalt negatív négyzetes hatása az arány-kezelésnek a talajoldat arány tartalmára annak a következménye lehet, hogy a növényi kénfelvétel az alacsonyabb  $\text{SO}_4^{2-}/(\text{SO}_4^{2-}+\text{Cl}^-)$  arányoknál a  $\text{Cl}^-$  nagy mennyisége miatt visszaszorul. Azaz a nagyobb  $\text{SO}_4^{2-}/(\text{SO}_4^{2-}+\text{Cl}^-)$  arány adag – a növekvő S-felvétel következtében – csökkenti a talajoldat szulfáttartalmát. Mindez azt is jelenti, hogy a növény S-felvétele nem lineáris függvénye a talajoldatban mért aránynak.

2. táblázat  
A kezelések hatása a talajoldat  $\text{SO}_4^{2-}/(\text{SO}_4^{2-}+\text{Cl}^-)$  arányára vetés előtt  
és a tenyészidő végén

(1) Kezelés	(2) Vetés előtt	(3) A tenyészidő végén
K Ca Mg arány K*Ca K*Mg K*arány Ca*Mg Ca*arány Mg*arány K <sup>2</sup> Ca <sup>2</sup> Mg <sup>2</sup> arány <sup>2</sup> R	*** (+)                0,996 ***	*** (+)  * (-)  * (+)      * (-) *** (-) ***
		0,857

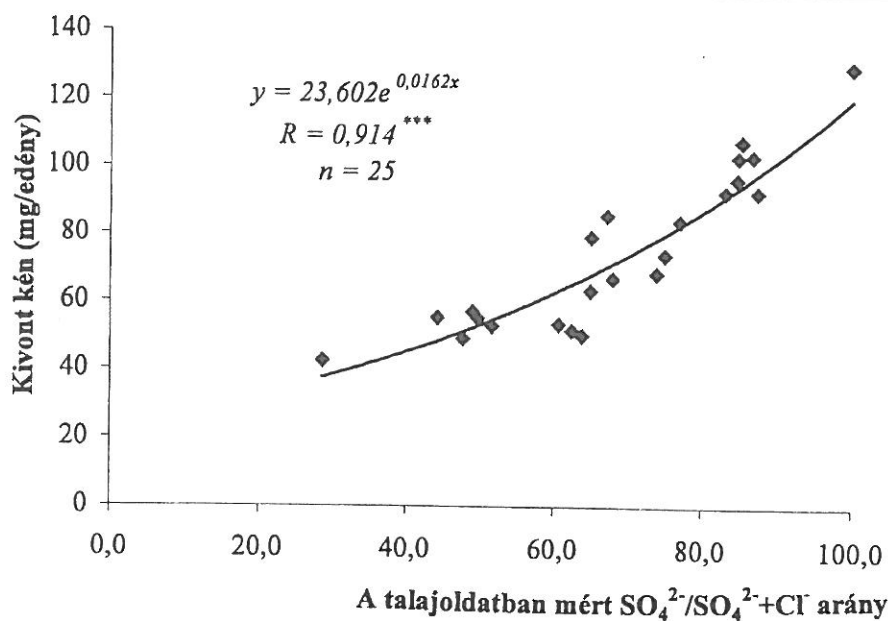
\*, \*\*, \*\*\*: szignifikáns 5, 1 és 0,1%-on; + és -: szignifikánsan nő és szignifikánsan csökken

A talajoldatban mért szulfát/(szulfát+klorid) arány, valamint a felvett kén és kalcium összefüggése

A talajoldatban mérhető  $\text{SO}_4^{2-}/(\text{SO}_4^{2-}+\text{Cl}^-)$  arány tartalom (a vetés előtt és a tenyészidő végén), valamint a növény által kivont kén között szoros összefüggést találtunk (1. és 2. ábra).

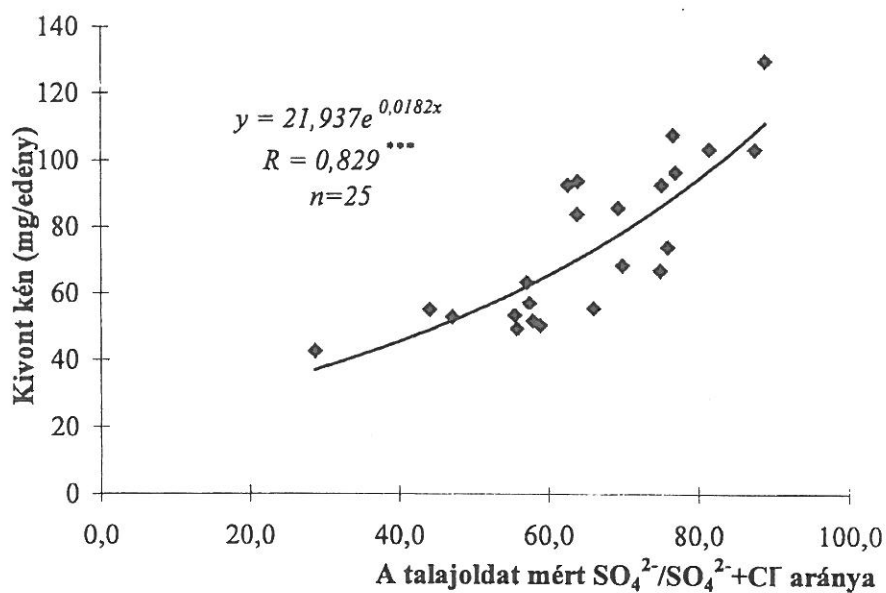
Az ábrákon látható, hogy a talajoldatban mért arány és a felvett kén között exponenciális, szignifikáns kapcsolat van. Az is megállapítható, hogy az exponenciális görbék paraméterei hasonlóak. A görbe lefutása alapján bizonyítást nyert tehát az az előző feltevésünk, mely szerint az alacsonyabb  $\text{SO}_4^{2-}/(\text{SO}_4^{2-}+\text{Cl}^-)$  arányoknál a viszonylagosan nagy  $\text{Cl}^-$ -tartalom visszaszorítja a S-felvételt, azaz magasabb arányoknál intenzívebb a növény S-felvétele.

A növekvő szulfátadagok módosíthatják a szulfáttal csapadékot képező ill. ionpárt alkotó kationok felvételét, mint pl. a kalcium és a magnézium. Az első és a harmadik vágásnál az adagolt aránynak szignifikánsan negatív hatása volt a növény Ca-tartalmára, 8,6 illetve 8,9 hibaszázalékon. A növekvő, talajba adagolt  $\text{SO}_4^{2-}$ -mennyiségeknél növekedhet a  $\text{CaSO}_4$ -ionpárok képződésének a lehetősége, amely befolyásolhatja a Ca-ion felvehetőségét. Másrészt a  $\text{SO}_4^{2-}/(\text{SO}_4^{2-}+\text{Cl}^-)$  arány növekedésével csökken az adagolt  $\text{Cl}^-$  mennyisége, ami csökkentheti a növény kationfelvételét (ZEHLER et al., 1981).



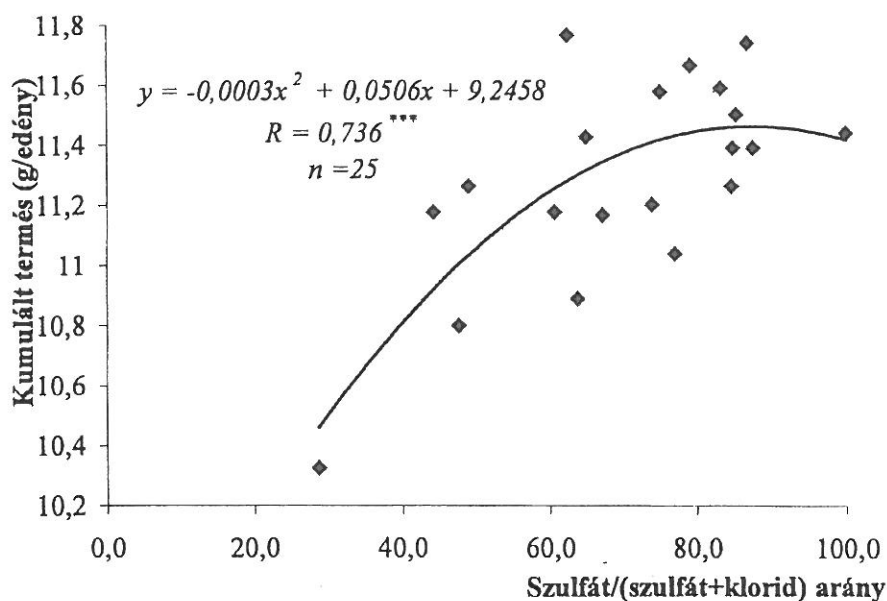
1. ábra

A vetés előtt a talajoldatban mért szulfát/(szulfát+klorid) arány és a növény által kivont kén mennyiségének kapcsolata



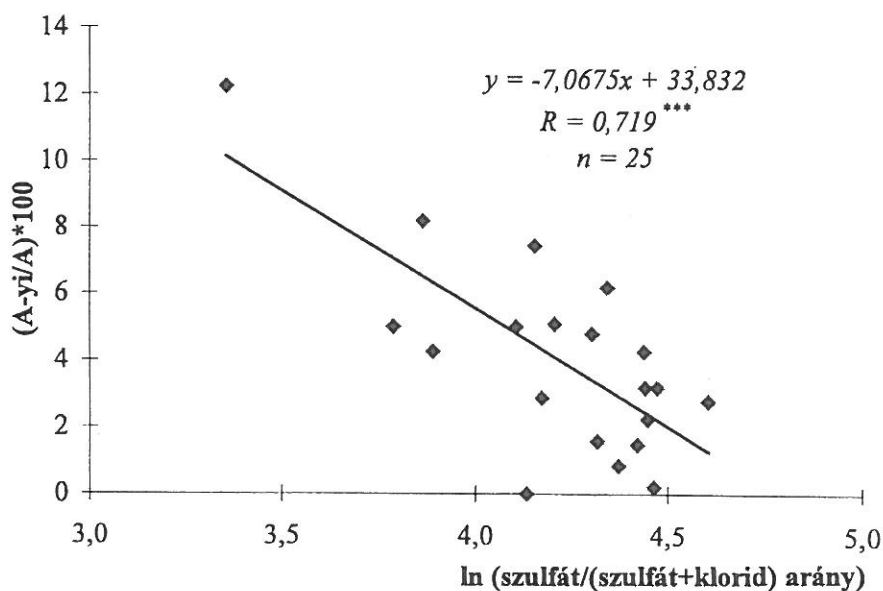
2. ábra

A tenyésztés végén mért szulfát/(szulfát+klorid) arány és a növény által kivont kén mennyiségének összefüggése



3. ábra

A  $\text{SO}_4^{2-}/(\text{SO}_4^{2-} + \text{Cl}^-)$  arány és a kumulált termés közötti összefüggés



4. ábra

A talajoldatban mért arány természetes alapú logaritmusa és az  $(A - Y_i/A) \cdot 100$  kifejezés közötti kapcsolat (A: a maximális;  $Y_i$ : az  $i$ -edik kezeléshez tartozó termés)

*Az arány hatása az angolperje termésére*

A  $\text{SO}_4^{2-}/(\text{SO}_4^{2-}+\text{Cl}^-)$  arány növekedésével az angolperje kumulált termése (a három vágás száraztömegének összege) egy telítési görbe szerint változott (3. ábra).

A termés az arány 60–70 %-os értéke fölött válik függetlenné. Pontosabban úgy határozhatjuk meg ezt a kritikus értéket, ha az arány logaritmusának függvényében ábrázoljuk a maximális terméshez hiányzó részt a maximális termés százalékában kifejezve (4. ábra).

Az így kapott negatív meredekségű egyenes egyenletéből kiszámíthatjuk a maximális termés 95 %-ának megfelelő termésmennyiség eléréséhez szükséges  $\text{SO}_4^{2-}/(\text{SO}_4^{2-}+\text{Cl}^-)$  arányt. Az ez alapján kiszámolt  $\text{SO}_4^{2-}/(\text{SO}_4^{2-}+\text{Cl}^-)$  arány értéke:  $\approx 60$ . Ezek alapján megállapíthatjuk, hogy jelen kísérlet körülményei között a maximális termést akkor érjük el, ha a talajoldat több szulfátiót tartalmaz, mint kloridiont.

### Összefoglalás

Savanyú homoktalajon tenyészedény-kísérletben vizsgáltuk a különböző  $\text{SO}_4^{2-}/(\text{SO}_4^{2-}+\text{Cl}^-)$  arányú K-, Ca-, Mg-só adagok hatását az angolperje termésére és tápelemfelvételére. A kísérlet eredményeit a következőképpen foglalhatjuk össze:

- Az alkalmazott kezelések közül az  $\text{SO}_4^{2-}/(\text{SO}_4^{2-}+\text{Cl}^-)$  arány kezelésnek szignifikánsan pozitív hatása volt a talajoldat  $\text{SO}_4^{2-}/(\text{SO}_4^{2-}+\text{Cl}^-)$  arányára.

- A talajoldat  $\text{SO}_4^{2-}/(\text{SO}_4^{2-}+\text{Cl}^-)$  aránya és a növény által kivont kén mennyisége között exponenciális kapcsolatot találtunk. Ez azt jelenti, hogy alacsonyabb talajoldatbeli  $\text{SO}_4^{2-}/(\text{SO}_4^{2-}+\text{Cl}^-)$  arányoknál a talajoldat viszonylagosan nagy  $\text{Cl}^-$ -tartalma visszaszorítja a S-felvételt, azaz magasabb arányoknál intenzívebb a növény S-felvétele.

- Az első és a harmadik vágásnál az adagolt  $\text{SO}_4^{2-}/(\text{SO}_4^{2-}+\text{Cl}^-)$  aránynak negatív, szignifikáns hatása volt a növény Ca-tartalmára.

- A talajkivonatban mért  $\text{SO}_4^{2-}/(\text{SO}_4^{2-}+\text{Cl}^-)$  arány növekedésével az angolperje termése egy telítési görbe szerint változott. A termés az arány 60 %-os értéke fölött vált függetlenné.

### Irodalom

- ASHRAF, M. & LEARY, J. W. 1997. Responses of a salt-tolerant and salt-sensitive line of sunflower to varying sodium/calcium ratios in saline sand culture. *J. Plant Nutr.* **20**. 361–377.
- ASHRAF, M. & TUFAIL, M., 1995. Variation in salinity tolerance in sunflower (*Helianthus annuus* L.). *J. Agron. Crop Sci.* **174**. 351–362.

- BOX, G. E. P. & WILSON, K. B., 1951. On the experimental attainment of optimum conditions. *J. Royal Stat. Soc.* 13. 1–12.
- DELL-AMICO, J. et al., 1997. Inorganic solute content in tomato plants cultivated under salinity conditions. *Cult. Tropicales*. 18. 11–15.
- KAFAROV, V. V., 1976. Cybernetic methods in chemistry and chemical engineering. Mir Publ. Moscow.
- LOCH J., 1989. A magnéziumellátás hatása a szálkásperje (*Lolium multiflorum* L.) klorid-tűrőképességére. *Növénytermelés*. 38. 551–558.
- LOCH J. et al., 1987. A N-, P-, K-, Ca-, Mg- és vízkezelések hatása csernozjom és savanyú homoktalajon: I. Termésadatok. In: A mezőgazdaság kemizálása Ankét, Keszthely. 1. 53–58.
- ROMERO, L. et al., 1997. Response of plant yield and leaf pigments to saline conditions: effectiveness of different rootstocks in melon plants (*Cucumis melo* L.). *Soil Sci. Plant Nutr.* 43. 855–862.
- ZEHLER, E., KREIPE, H. & GETHING, P. A., 1981. Potassium sulphate and potassium chloride. IPI Research Topics No. 9. 9–11. International Potash Institute. Bern.
- WANG, Y. B. et al., 1998. Study on the main chemical components related to smoking quality in flue-cured tobacco. *Sci. Agric. Sin.* 31. 89–91.

Érkezett: 1999. augusztus 31.



## Effect of Treatments Involving K, Ca and Mg Salts with Different $\text{SO}_4^{2-}/(\text{SO}_4^{2-}+\text{Cl}^-)$ Ratios on the Nutrient Composition of Ryegrass

A. BALLA-KOVÁCS and T. FILEP

University of Debrecen, Agricultural Centre, Debrecen (Hungary)

### Summary

The effect of treatment with K, Ca and Mg salts with different  $\text{SO}_4^{2-}/(\text{SO}_4^{2-}+\text{Cl}^-)$  ratios on the yield and nutrient uptake of ryegrass was studied in a pot experiment on acidic sandy soil ( $\text{pH}(\text{H}_2\text{O}) = 4.4$ ;  $\text{pH}(\text{KCl}) = 4.0$ ). The experiment was set up according to BOX and WILSON's (1951) method.

In addition to the K, Ca and Mg treatments, a uniform N and P treatment (250–250 mg N and P per pot) was given in the form of  $\text{NH}_4\text{H}_2\text{PO}_4$  and  $\text{NH}_4\text{NO}_3$  as solution. K and Mg were applied in the form of KCl and  $\text{K}_2\text{SO}_4$ , as well as  $\text{MgCl}_2$  and  $\text{MgSO}_4$ , dissolved in water. Calcium ( $\text{CaCO}_3$ ) was mixed into the soil in powdery form. Water supply was set to 75% water capacity. Pots were watered daily. During the vegetation period ryegrass was cut three times. Following the first and second cut pots were given 100 mg nitrogen in the form of  $\text{NH}_4\text{NO}_3$  solution. The treatment combination is given in Table 1. Soil and plant samples were taken from each treatment prior to sowing and at the end of the vegetation period.

On the basis of our experiments it can be concluded that :

- Among the treatments applied, the  $\text{SO}_4^{2-}/(\text{SO}_4^{2-}+\text{Cl}^-)$  ratio treatment had a significant positive effect on the  $\text{SO}_4^{2-}/(\text{SO}_4^{2-}+\text{Cl}^-)$  ratio of the soil solution.

- An exponential correlation was found between the  $\text{SO}_4^{2-}/(\text{SO}_4^{2-}+\text{Cl}^-)$  ratio of the soil solution and the quantity of sulphur extracted by the plant, indicating that at lower  $\text{SO}_4^{2-}/(\text{SO}_4^{2-}+\text{Cl}^-)$  ratios the relatively large  $\text{Cl}^-$  content in the soil solution inhibits sulphur uptake, while at higher ratios the sulphur uptake of the plants is more intensive.

- The  $\text{SO}_4^{2-}/(\text{SO}_4^{2-}+\text{Cl}^-)$  ratio applied had a significant negative effect on the calcium content of the plants at the first and third cut.

- With an increase in the  $\text{SO}_4^{2-}/(\text{SO}_4^{2-}+\text{Cl}^-)$  ratio in the soil extract the yield of ryegrass changed according to a saturation curve. The yield became independent of this ratio at values of over 60%.

Table 1. K, Ca Mg and  $\text{SO}_4^{2-}/(\text{SO}_4^{2-}+\text{Cl}^-)$  ratio treatments applied in the pot experiment. (1) Treatment: mg/pot or %.

Table 2. Effect of treatments on the  $\text{SO}_4^{2-}/(\text{SO}_4^{2-}+\text{Cl}^-)$  ratio of the soil solution prior to sowing and at the end of the vegetation period. (1) Treatment. (2) Prior to sowing. (3) At the end of the vegetation period. Remarks: \*, \*\*, \*\*\*: significant at the 5, 1 and 0.1% level, resp.; + and -: significant increase or decrease.

Fig. 1. Correlation between the  $\text{SO}_4^{2-}/(\text{SO}_4^{2-}+\text{Cl}^-)$  ratio in the soil solution prior to sowing and the total sulphur extract by the plant. Horizontal axis:  $\text{SO}_4^{2-}/(\text{SO}_4^{2-}+\text{Cl}^-)$  ratio in the soil solution. Vertical axis: Extracted sulphur, mg/pot.

Fig. 2. Correlation between the  $\text{SO}_4^{2-}/(\text{SO}_4^{2-}+\text{Cl}^-)$  ratio in the soil solution at the end of the vegetation period and the total sulphur extracted by the plant. Horizontal axis:  $\text{SO}_4^{2-}/(\text{SO}_4^{2-}+\text{Cl}^-)$  ratio in the soil solution. Vertical axis: Extracted sulphur, mg/pot.

Fig. 3. Correlation between the  $\text{SO}_4^{2-}/(\text{SO}_4^{2-}+\text{Cl}^-)$  ratio and the cumulated yield of ryegrass. Horizontal axis:  $\text{SO}_4^{2-}/(\text{SO}_4^{2-}+\text{Cl}^-)$  ratio. Vertical axis: Cumulated yield, g/pot.

Fig. 4. Correlation between the natural logarithm of the ratio in the soil solution and the equation  $(A-Y_i/A)*100$ . A= Yield associated with the maximum treatment;  $Y_i$  = with the  $i^{\text{th}}$  treatment.